

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-107987

(P 2000-107987 A)

(43) 公開日 平成12年4月18日(2000. 4. 18)

(51) Int. Cl.

識別記号

F I

テーマコード(参考)

B 2 3 Q 17/00

B 2 3 Q 17/00

D 3C028

審査請求 未請求 請求項の数 5

OL

(全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-47315

(22) 出願日 平成11年2月25日(1999. 2. 25)

(31) 優先権主張番号 特願平10-211210

(32) 優先日 平成10年7月27日(1998. 7. 27)

(33) 優先権主張国 日本(JP)

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72) 発明者 西山 和男

埼玉県熊谷市三ヶ尻6010番地 日立金属株

式会社生産システム研究所内

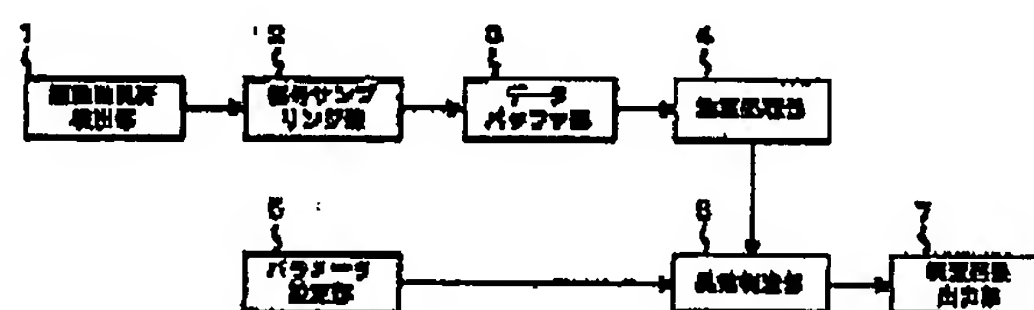
Fターム(参考) 3C028 DD11

(54) 【発明の名称】 工具異常検出装置

(57) 【要約】

【課題】 加工中に工具の異常を検出する。

【解決手段】 駆動軸負荷検出部で検出した負荷信号(例えば負荷電流)を信号サンプリング部でサンプリングし、演算処理部で時間に係わる負荷信号差分値を算出する。異常判定部は、演算処理部の結果を、パラメータ設定部での設定値(例えば異常判定閾値)とリアルタイムで比較しながら工具異常の判定を行い、その判定結果に基づいて判定結果出力部は、判定結果(例えば異常)を出力する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 工作機械の駆動軸の負荷信号を離散的時系列負荷信号として送出する信号サンプリング部と、離散的時系列負荷信号値を用い差分値を算出する演算処理部と、前記差分値が異常であるかどうかを判定するための判定用データを収納するパラメータ設定部と、前記算出した差分値と前記パラメータ設定部から出力される判定用データとを比較する異常判定部とを備えていることを特徴とする工具異常検出装置。

【請求項2】 工作機械の駆動軸の負荷信号を検出して出力する駆動軸負荷検出部と、前記負荷信号を離散的時系列負荷信号として送出する信号サンプリング部と、離散的時系列負荷信号値を用い差分値を算出する演算処理部と、前記差分値が異常であるかどうかを判定するための判定用データを収納するパラメータ設定部と、前記算出した差分値と前記パラメータ設定部から出力される判定用データとを比較する異常判定部とを複数の駆動軸に備え、各駆動軸の異常判定部信号を用いて工具異常発生の有無を判定する判定結果出力部を有することを特徴とする工具異常検出装置。

【請求項3】 前記演算処理部で算出される差分値は、所定時間前後の負荷信号値の差分として算出される1階微分値である請求項1又は2に記載の工具異常検出装置

【請求項4】 前記演算処理部で算出される差分値は、データ数の異なる2種類の移動平均の差分値である請求項1又は2に記載の工具異常検出装置。

【請求項5】 前記演算処理部は1階微分値とデータ数の異なる2種類の移動平均の差分値を算出し、前記パラメータ設定部は1階微分値とデータ数の異なる2種類の移動平均の差分値に関する異常判定用データを収納し、前記異常判定部は1階微分値を基にした異常判定とデータ数の異なる2種類の移動平均の差分値を基にした異常判定の少なくともいずれかを用いて異常判定をし、工具異常発生の有無を判定する請求項1又は2に記載の工具異常検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、工作機械において、加工中の工具の破損や摩耗等の工具異常を、インプロセスで検出するための工具異常検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 耐久性の高い工具や、NC機械をはじめとする高速、高性能な自動工作機の導入により、加工時間の短縮や一部無人化により生産性の向上を図る試みがなされているが、近年はこれも限界に近づいている。この最大の阻害要因が加工中の工具異常の検出が完全でないということにある。工具の異常検出については、現在までに多くの提案がなされているが、駆動系の負荷電流値をもとにしたものが多い。以下に代表的なものを示

(2)

特開2000-107987

2

す。特開昭57-21251（公知例1）には、旋削自動機械において、主軸モータの電流値や振動の変化では工具の異常を信頼性高く検出することができないとし、送りモータの電流値を検出し、この検出値が設定閾値を超えた時に異常であると判断するようにした旋削加工用工具異常検出方法が開示されている。また、特開平5-285793（公知例2）には、工作機械の主軸回転速度、又は駆動系にかかる負荷、例えば主軸モータ電流を検出し、離散的時系列信号に変換し、時系列信号の時間に関する2階微分値を求め、異常発生閾値と比較し、これにもとづいて工具損傷発生の有無を判定する工具異常検出装置が開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、前記公知例1には次のような問題点がある。

1) 加工条件（例えば、切削工具の形状や材質、加工物の材質、加工速度、切り込み量等）により、正常加工時でも、主軸モータだけでなく送り軸モータの負荷電流値の絶対値は異なるため、前記加工条件毎にきめこまかく閾値を設定しなければならず、加工条件がほとんど一定というような単純な加工の場合以外ほとんど実用では使用できない。

2) 工具異常の程度が小さい場合（例えば、微小欠け、摩耗）には、負荷電流変化量の絶対値も小さいが、これを捉えるように閾値を設定すると、正常加工範囲内の負荷変動による電流値変化に埋もれてしまうことが多く、検出することが難しい。また、前記公知例2は、例えば公知例1に示すような従来方法に比べ、より高い感度で、早期に、誤判定も少なく工具の異常をインプロセスで検出することができると述べている。しかし、さらに高感度で応答性が高いインプロセスで検出可能な技術が望まれている。従って本発明は、インプロセスで実用可能で、一層異常検出感度が高く、検出速度が早い工具異常検出装置の提供を目的とするものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明は、工作機械の駆動軸の負荷信号を離散的時系列負荷信号として送出する信号サンプリング部と、離散的時系列負荷信号を用いて差分値を算出する演算処理部と、前記差分値が異常であるかどうかを判定するための判定用データを収納するパラメータ設定部と、前記算出した差分値と前記パラメータ設定部から出力される判定用データとを比較する異常判定部とを備えていることを特徴としている。また本発明は、工作機械の駆動軸の負荷信号を検出して出力する駆動軸負荷検出部と、前記負荷信号を離散的時系列負荷信号として送出する信号サンプリング部と、離散的時系列負荷信号を用いて差分値を算出する演算処理部と、前記差分値が異常であるかどうかを判定するための判定用データを収納するパラメータ設定部と、前記算出した差分値と前記パラメータ設定部から出力される判定用データ

10

20

30

40

50

タとを比較する異常判定部とを複数の駆動軸に備え、各駆動軸の異常判定部信号を用いて工具異常発生の有無を判定する判定結果出力部を有することを特徴としたものである。なお、上記各処理部は必ずしも別体のハードウェアとする必要はなく、マイクロコンピュータ、パーソナルコンピュータのように、演算処理部と記憶部、入出力部を有する機器にその機能を備えるようにすることができる。

【0005】また、本発明の工具異常検出装置において、演算処理部で算出される差分値は、所定時間前後の負荷信号値の差分として算出される1階微分値、又はデータ数の異なる2種類の移動平均の差分値とすることが好ましい。いずれの差分値を用いるようにするかは、検出対象により適宜選定すればよいが、急激な負荷信号変化が生ずる、例えば工具破損を検出するには1階微分値を用いるとよいし、緩やかな信号変化やノイズ的信号、例えば摩耗や微小工具破損に対しては、データ数の異なる2種類の移動平均の差分値を用いるとよい。

【0006】本発明の望ましい工具異常検出装置の形態としては、演算処理部は1階微分値とデータ数の異なる2種類の移動平均の差分値を算出し、パラメータ設定部は1階微分値とデータ数の異なる2種類の移動平均の差分値に関する異常判定用データを収納し、異常判定部は1階微分値を基にした異常判定とデータ数の異なる2種類の移動平均の差分値を基にした異常判定の少なくともいずれかを用いて異常判定をし、工具異常発生の有無を判定するようにするとよく、破損から摩耗までほとんどの工具異常を見逃すことなく捉えるようにすることができる。なお、前述したデータ数の異なる2種類の移動平均は、算出時点の離散化信号値を基準として、それ以前にさかのぼったデータ数の異なった離散化信号値をもとに算出するとよいが、必ずしもどちらの移動平均も算出時点の離散化信号値を含まなければならないことはなく、データの収集範囲は適宜決めることができる。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の工具異常検出装置を図面に基づいて説明する。図1は工具異常検出装置の基本構成の一例を示すブロック図、図2は本発明の工具異常検出装置を備えた工作機械の1例としてのロール加工用NC旋盤を示す図、図3は前記工作機械の加工物と工具の位置関係を示す図である。

【0008】まず、図2と図3を参照しながら、工作機械の構成と動作について説明する。ロール加工用NC旋盤11は、被加工物であるロール16を取付けるとともに、回転させるためのモータを内蔵した主軸ユニット21と、切削工具を取り付け、支持するための刃物台ユニット22と、刃物台ユニット22をロール16の径方向(X軸方向と称する)、又は軸方向(Z軸方向と称する)へ移動させる送りユニット23と、主軸ユニット21と対になりロール16を支持するための心押し台ユニ

(3)

特開2000-107987

4

ット25と、これらのユニットを支持するベッドユニット24と、NC制御盤12と、操作盤13を備えている。本発明の工具異常検出装置は、NC制御盤12と電気的に接続されて配置されるが、NC制御盤12或いは操作盤13内に設けることもできる。図3に示すように、ロール16は、主軸ユニット21によりAからA'の方向へ回転させられ、切削工具14を送りユニット23によりZ方向又はX方向へ移動させることにより、ロール16の胴体外径部17、胴体側面部18及び軸外径部19が加工される。切削工具14は、刃物台ユニット22に固定されるツールホルダ15の先端部に取付けられている。

【0009】次に、図1をもとに工具異常検出装置について説明する。駆動軸負荷検出部(以下負荷検出部と略す)1は、所定の駆動軸の負荷信号を検出し、後段での処理が可能な信号に変換して送出する。例えば、負荷として電流を検出し、電圧で出力する場合は、変流器と変流器の2次電流を電圧に変換し増幅するための変換器とによって構成することができる。なお、変換器は後段での処理が電流値のまま可能であったり、電気ノイズの少ない環境で使用する等信号増幅する必要が無い場合には、必ずしも設置しなくてもよい。

【0010】信号サンプリング部2は、負荷検出部1から送出される連続的なアナログ時系列信号を、サンプリング時間毎の離散的な時系列信号に変換し後段に送出するもので、負荷検出部1の仕様に合わせて、絶縁回路、ノイズ除去回路、増幅回路、アナログ/ディジタル変換器等によって構成することができる。なお、負荷検出部1と一体構成にすることもできる。データバッファ部3は、信号サンプリング部2から送出される離散的な時系列信号を離散的な時系列データとして後段での処理に必要な量だけを一時格納するもので、アナログ/ディジタル変換器またはマイクロコンピュータ等に付随する記憶装置、素子等によって構成することができる。なお、データバッファ部3は、前段の信号サンプリング部2または後段の演算処理部4に含めても良いし、後段の演算処理部4における処理時間が信号サンプリング部2のサンプリング時間と同一で、データバッファ部3から演算処理部4までのデータ転送時間が前記サンプリング時間以下ならば省略しても良い。

【0011】演算処理部4は、マイクロコンピュータ等の記憶及び数学的演算処理機能を有する装置、素子等により構成することができ、離散的な時系列信号を所定処理方法により演算処理を行ない、相対的な変化を示す信号に変換する。この処理方法は時間に係わる負荷信号の差分値を求めるものであり、1階微分値を求めるものや、データ数の異なる2種類の移動平均の差分値を求めるものを用いることができる。各処理方法の説明は後述する。

【0012】パラメータ設定部5は、予め前記各処理方

50

5

法毎に、検出すべき工具異常の程度、或いは加工工程に対応して、1個もしくは複数個の異常判定用データを収納し、NC制御盤からの加工プロセス信号に同期して該当データを選定し、異常判定用データとして後段の異常判定部6に送出するもので、従来から知られている各種電圧設定回路、ディジタルスイッチ等やマイクロコンピュータ等に付随する記憶装置、素子等によって構成することができる。異常判定用データの具体値は、実加工試験による実負荷データの測定、解析等を通じて把握した結果をもとに決定するとよい。

【0013】異常判定部6は、演算処理部4で所定の処理方法に基づき算出した相対的な変化を示す信号値を、パラメータ設定部5から供される該異常判定用データと比較し、工具異常発生の有無を判定するもので、演算処理部4及びパラメータ設定部5から送出される信号の仕様を考慮して、従来から知られている各種電気回路によって実現することができる。判定結果出力部7は、異常判定部6での判定結果を受けて、工作機械（またはその制御装置）あるいは作業者に対しその結果を出力するもので、各種リレー回路、電気回路、警報装置、表示装置、タッチパネル、コンピュータ等の表示モニタ等によって実現することができる。

【0014】ここで、演算処理部4での信号処理方法について説明する。まず、1階微分値の算出方法とこの効果について説明する。駆動軸の負荷信号（例えば負荷電流値）を、一般化したパラメータ $y(t)$ として取り扱い、式1により負荷信号の時間に関する1階微分値 Δy_1 を求める。なお微分時間 Δt は、サンプリング時間 T_s の整数倍 n （ $n \geq 1$ ）とする。

【数1】

$$\Delta y_1 = 1/n (y_i - y_{i-n})$$

y_i : 時系列信号 $y(t)$ を離散化した時の i 番目の信

$$\Delta y_m = y_{m1} - y_{m2}$$

y_{m1} : $m1$ 個のデータの移動平均値

y_{m2} : $m2$ 個のデータの移動平均値（ $m1 \neq m2$ ）。

従って、 i 番目の信号が入力された時点で、式2により y_i 以前のデータ数の異なる2種類の移動平均値を算出し、次いで式3により移動平均値の差分値 Δy_m を直ぐに算出するので、変化に対する応答性がよく速やかに異常を検出することが可能である。なお、前述した1階微分値の算出に比べて、経時的な負荷信号の平均値をもとに信号の変化を捉えるので、感度的には多少劣るが、ノイズや小さな変動値に影響され難いという特徴がある。2種類の移動平均値を求める際のデータ数 $m1$ と $m2$ は、負荷信号のノイズの発生状況や工具異常時の負荷信号の変化状況に合わせて適宜設定すればよい。

【0017】次に、図4～図9をもとに、実際にロールを加工した時に発生した種々の工具異常に対し、負荷信号と処理後の信号の変化例を示し、本発明を用いた工具

(4)

特開2000-107987

6

号値

式1からわかるように、離散的な時系列信号 $y(t)$ の i 番目の1階微分値 Δy_1 は、 y_i 及びそれ以前の信号値 y_{i-n} の2つのデータの差分値をもとにして求めることができる。従って、 i 番目の信号が入力された時点でそれ以前の（ $i-n$ ）番目の信号をもとに算出するので応答性がよく、また生データを用いて算出するので微小な変化も捉えることができ、速やかに感度よく異常を検出することが可能である。インプロセスで高速で監視をするためには、サンプリング時間 T_s は短い程良いが、演算処理時間はサンプリング時間 T_s より短くなければならない。式1の演算は非常に単純であり、サンプリング時間 T_s を10ms程度としても全く問題がない。

【0015】次に、2種類の移動平均値の差分値の算出方法とこの効果について説明する。駆動軸の負荷信号（例えば負荷電流値）を、一般化したパラメータ $y(t)$ として取り扱い、数2により移動平均 y_m を求める。

20 【数2】

$$y_m = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m-1} y_{i-1}$$

y_i : 時系列信号 $y(t)$ を離散化した時の i 番目の信号値

y_{i-1} : i 番目の信号より L 番以前の信号値（ $0 \leq L \leq m-1$ ）

m : 移動平均を求めるのに用いるデータ数

【0016】続いて、データ数の異なる2種類の移動平均から、その差分値 Δy_m を式3より求める。

【数3】

40

異常判定の有効性を説明する。駆動軸は、主軸と、工具送り軸であるX軸とZ軸であり、負荷信号（負荷電流）は各駆動軸モータの電機子に流れる電流である。まず、異常の程度が大きい工具破損時のものについて説明する。工具破損が発生した場合は、素早く加工を停止する等対応しないと、機械やワークを損傷するので、応答性が求められる。

【0018】1) ロール胴体の外径部加工において発生した工具破損の場合

図4(a)は工具破損前後の主軸電流値とその1階微分値の変化を、図4(b)は比較例として主軸電流値とその2階微分値の変化を示したものである。なお、この加工モードでは工具はZ軸方向（軸方向）に移動している。本例では、工具が破損した瞬間に電流値が低下して

50

7

いる。通常、工具が破損すると、工具と被加工物の接触部分が減少するため負荷電流は下がるためである。その約0.5秒後に再び電流値が低下しているが、これはその前に破損した部分が更に破損したことを示している。これに対し、主軸電流値の1階微分値の変化を、正常加工時の信号片振幅を100%として工具破損が生じた時の信号片振幅の変化割合として評価すると、図4(a)に示すようには、瞬時に881%と非常に大きな変化割合を示している。また、その後の破損時もさらに大きな変化割合として瞬時に捉えている。一方、図4(b)に示すように2階微分値の変化で工具破損が生じた時を見ると、前記と同様に正常加工時の信号片振幅を基準とすると、その変化割合は970%と、1階微分値における変化割合より小である。即ち、1階微分値によるものの方が2階微分値によるものより、約1.7倍感度が高く検出されていると言える。

【0019】2) ロール胴体の側面加工において発生した工具破損の場合

図5(a)は工具破損前後の主軸電流値とその1階微分値の変化を、図5(b)は比較例としてのその2階微分値の変化を示している。この加工モードでは工具はX軸方向(径方向)に移動している。本例では、工具が破損した瞬間に1階微分値の変化割合は878%、2階微分値の変化割合は800%を示し、1階微分値による方が2階微分値によるものより約1.5倍感度が高く検出されている。なお、工具破損前にB部で示すような、約10%電流値が低下しその後もとの値に戻っている状況については、正常範囲内の加工負荷変動によるものか、微小工具破損によるものかは、その後工具が破損したため確認することができず不明である。

【0020】次に、工具摩耗時(微小欠けを含む)の場合について説明する。一般的に、工具摩耗は工具破損に比して、負荷変化が小さかったり、変化が徐々に生じる等の特徴があり、出力の大きい主軸では検出できない場合があるという特徴がある。

3) ロール胴体の側面加工において発生した工具摩耗の場合

工具摩耗の場合は、工具と被加工物の接触部分が増加するため、一般に駆動軸電流値は増大する。本例では、工具摩耗が認められた時、主軸電流値が急激に変化したものである。図6(a)に工具摩耗前後の主軸電流値とその1階微分値の変化を、図6(b)に比較例としてのその時の2階微分値の変化を示している。1階微分値の変化割合は867%、2階微分値の変化割合は242%を示し、1階微分値による方が2階微分値によるものより約1.5倍感度が高く検出されている。このように摩耗であっても負荷信号が急変するような場合は、1階微分値により検出することができる。

【0021】4) ロール胴体の外径加工時において発生した工具摩耗の場合

(5)

特開2000-107987

8

前記図8においては、主軸電流の1階微分値で工具摩耗を検出することができた例であるが、本例は、図示しないが主軸電流には変化がみられず、送り軸の電流値に変化がみられたものである。図7(a)にZ軸に対してその電流値変化とその1階微分値の変化を示す。本加工におけるZ軸の電流値は、定常加工状態において周期的に増減しているが、この変動を無視して工具摩耗による電流値変化だけを検知することが必要となる。本例では、前記周期的変化における1階微分値の変化に対し、工具摩耗時の1階微分値の変化割合は256%で異常判定可能なレベルと言える。図7(b)にはデータ数が異なる2種類の移動平均値の差分値の変化を示している。この時のデータ数は10個と50個であり、サンプリング時間が20msとすれば、前者は差分値算出時から0.2秒前までの負荷信号値を反映しており、後者は1秒前までの負荷信号値を反映したものである。移動平均の差分値の変化割合は186%と差を示しており、これまでに説明した1階微分値の変化割合より小さいが判定可能なレベルである。このように、出力の大きい主軸では検出できない場合でも、出力の小さい送り軸では変化として捉えることができ、1階微分値或いは2種類の移動平均値の差分値をもとに工具異常として捉えることができる場合が多い。

【0022】5) ロール胴体の外径加工において発生した工具摩耗(微小欠け)の場合

図8(a)はX軸に対してその電流値変化とその1階微分値の変化を、図8(b)はデータ数が10個と50個の2種類の移動平均値の差分値の変化を示している。本加工におけるX軸の電流値は定常加工状態において小さな周期で変動しており、いわゆるノイズが乗ったような信号である。また、本例の工具異常では、径方向の押付け力を発生しているX軸の電流値が緩やかに減少しており、これは工具と被加工物の接触部分が減少していったことを表しており、摩耗というより微小欠け現象であると考えられる。この時、図8(a)に示すように1階微分値では変化を捉えることは困難であることがわかる。一方、図8(b)に示す移動平均の差分値では、変化割合は433%を示し、高感度に検出できることがわかる。

【0023】6) ロール胴体の外径加工において発生した工具摩耗の場合

前記と同様、図9(a)はX軸に対してその電流値変化とその1階微分値の変化を、図9(b)はデータ数が10個と50個の2種類の移動平均値の差分値の変化を示している。前記と同様、本負荷信号はノイズ的である。本例の場合は、径方向の押付け力を発生しているX軸の電流値が緩やかに増加しており、これは工具と被加工物の接触部分が増加したためであり、摩耗が生じたことを示していると考えられる。図9(a)に示すように1階微分値では変化を捉えることが困難であるのに対して、

50

図9(b)に示す移動平均の差分値では、変化割合は82.1%を示し高感度に検出できることがわかる。

【0024】ここで、前述した測定データをもとに、本発明による技術と、公知例1及び公知例2の技術を改めて比較、考察してみる。公知例1の工具異常検出技術では、前述したように駆動軸負荷電流の絶対値は、加工条件(例えば、切削工具の形状や材質、加工物の材質、加工速度、切り込み量等)によって変化するために、加工条件毎に異常判定レベルを絶対値で設定する必要があり、実用的ではない。これに対して、本発明の工具異常検出装置では、駆動軸負荷電流値の時間に関する1階微分値、或いは移動平均の差分値という駆動軸負荷電流の時間的な相対変化を利用しているために、加工監視中に加工条件の変更さえなければ異常判定レベルを調整する必要はなく汎用的である。なお、被加工物の加工仕様からくる予め設定された加工条件の変化は、速度制御装置からその信号を受け取ることで、その電流値変動に係わるものを無視することにより対処することができる。

【0025】また、公知例1においては、摩擦や微小な欠けを検出するためには閾値の設定が難しく、信頼性の高い検出はできない。例えば、図5のB部で示す主軸電流の変化を、工具の大破損前の微小破損として検出しよ。

$$\Delta^2 y_i = 1/n \{ (y_i - y_{i-1}) - (y_{i-n} - y_{i-n-1}) \} \\ = \Delta y_i - \Delta y_{i-1}$$

即ち式4において、第1項と第2項は各々離散的な時系列信号 $y(t)$ の i 番目と $(i-1)$ 番目の1階微分値である。これより、時系列信号 $y(t)$ が同方向に変化している場合は同符号の差をとるため2階微分値は小さくなるが、逆方向に変化した時点では異符号の差をとるため2階微分値の絶対値は大きくなる。このため同じ振幅で変動する電流値に対して、1階微分値より2階微分値の方が片振幅が大きくなるのである。また、当然ながら1階微分処理の方が、対象とするデータ数が少ないため、高速処理には有利である。

【0027】以上、本発明と比較例の検出感度の違いを説明したが、実際の加工プロセスにおける異常判定では、下記に示すように差分値をそのまま用いるだけでなく、さらに適宜所定処理して用いる等種々の方式をとることができる。第1の方式としては、パラメータ部5に閾値として差分値の生数値の最大振幅に対する値を設定し、演算処理部4で差分値が算出される毎に比較するものである。この場合、差分値を算出した時点で異常かどうか直ぐに判定できる。第2の方式としては、演算処理部4では差分値の経時的変化幅から所定時間における平均値とその最大振幅を算出するもので、閾値としては前記最大振幅に対する値を設定するものである。また、前述の感度比較の説明に用いた考え方に基づき、演算処理部4は差分値の経時的な変化幅を算出し、パラメータ部5には前記算出される差分値変化幅に対する倍率値を

ようにする場合、その閾値の設定は非常に微妙であることがわかる。これに対し、本発明の1階微分値をもとに検出する場合、本破損の87.8%ほど大きな変化ではないが、約280%の変化が現われており、検出は可能である。なおこの場合の2階微分値による変化は約190%程度である。また、図8、9に示すようなノイズ成分が多い信号が、穏やかに変化するような場合でも本発明の2種類の移動平均値の差分値の変化を捉えることによって検知ができる。

【0026】また、前述したように本発明で用いた1階微分値の変化割合と、公知例2で用いられている2階微分値の変化割合を比べると、いずれも1階微分値の方が大きく、本発明の方が感度が高いと言える。これは、正常加工時の主軸電流の変動を微分処理した時、2階微分値に比して1階微分値の方が変動幅が小さく算出されるため、正常加工時の片振幅をもとにした急変時の信号片振幅の変化割合は、1階微分処理の方が相対的に大きく出ると考えられる。これは2階微分値 $\Delta^2 y_i$ の算出が、前記1階微分値算出時と同様にして下記式4で計算されることが分かる。

【数4】

判定用データとして収納し、異常判定部6でサンプリング時の差分値の変化幅が、それまでの差分値の経時的な変化幅と判定用データの積を超えた時異常と判定するような方式とすることもできる。なお、上記説明した判定方法のいずれであっても、異常判定部は、演算処理部で算出した差分値或いは所定処理した値が、パラメータ設定部から出力される該判定用データを1回超えた時異常と判定するようにしてもよいし、或いは所定回数超えた時異常と判定してもよい。

【0028】本発明の工具異常検出装置は、図1に示すように各処理部をブロックで囲んで別体として説明したが、これらの一部あるいは全体をパーソナルコンピュータ、マイクロコンピュータ、ミニコンピュータ等にて処理することも可能であり、上記構成を基本として適宜変形したり、複合化することも可能である。また、検知すべき工具異常に応じて、適宜信号処理方法を選定してもよい。即ち、大きな工具破損だけを監視対象とする場合には、信号を1階微分値処理により異常判定をすればよいし、微小な欠けや摩擦まで監視するのであれば、1階微分値と移動平均値の差分値処理をして各々で異常判定を行い、いずれかが異常と判定されれば異常発生とするようにしてもよい。また、複数の駆動軸の負荷信号を用いて工具異常判定をすることもできる。この場合、前述した各処理手段は、対象とする駆動軸用(例えば主軸用やX軸用)に複数設けるとよい。この時は、判定結果出

11

力部は1式とし、各駆動軸用の異常判定部からの出力を入力して総合的に工具異常の発生を判定するようにするとよい。なお、判定結果出力部で判定する代わりに、各軸用に設けた異常判定部の一つにこの機能を持たせてもよい。判定論理は、1軸でも異常であれば異常としたり、所定数の軸が異常となった時異常としたり、加工仕様、検査仕様等に合わせた論理を適宜設定して収納し、これに基づいて判定すればよい。

【0029】なお、各駆動軸用の負荷検出部の出力部に軸選択手段(図示せず)を設けて適宜適切な監視駆動軸を選択することもできる。この時、信号サンプリング部以降の各処理手段はパラメータ設定部を含め一式でよい。この場合は、パラメータ設定部からは該駆動軸用異常判定データが出力されるようにしておく。なお、駆動軸の負荷信号としては、電流の他、電圧、電力、切削力でもよいし、負荷を検出するものであれば他の信号でも応用は可能である。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の工具異常検出装置は次のような効果がある。

1) 時間に係わる負荷信号の差分値を用いるので、加工物や工具の材質、切り込み量、加工速度等加工仕様に係わる絶対的な負荷信号値の違いに影響されずに工具異常を判定することができる。

2) 重大トラブルの工具破損は負荷信号の1階微分値で判定するので、応答性及び検出感度が高いので素早く対応することができ、機械やワークの損傷を最小限度に抑えることができる。

3) 1階微分値では捉え難い緩やかな負荷信号変化を呈する摩耗や微小欠けであっても、データ数の異なる2種類の移動平均の差分値をもとに判定することができる。

4) 加工仕様により工具異常時の負荷信号の変化形態が異なる場合でも、1階微分値とデータ数の異なる2種類の移動平均の差分値を併用することにより、工具異常を見逃すことなく捉えることができる。

5) 駆動軸毎に異常判定できるシステムを設けることにより、加工仕様に含せて工具異常時に負荷信号変化が発生しやすい軸を選択し監視対象とすることにより、汎用性が広く、また複数の駆動軸からの異常判定情報を総合

(7)

特開2000-107987
12

的に判定することにより、工具異常検出の信頼性をより高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の工具異常検出装置の基本構成を示すブロック図

【図2】本発明を適用した工作機械の構成図

【図3】本発明を適用した工作機械の加工部位を拡大した図

【図4】外径部加工における工具破損時の、主軸電流とその1階微分値及び2階微分値の信号変化の違いを示す図

【図5】側面部加工における工具破損時の、主軸電流とその1階微分値及び2階微分値の信号変化の違いを示す図

【図6】外径部加工における工具摩耗時の、主軸電流とその1階微分値及び2階微分値信号変化の違いを示す図

【図7】外径部加工における工具摩耗時の、送り軸電流とその1階微分値及び移動平均差分値の信号変化の違いを示す図

20 【図8】外径部加工における工具摩耗(微小欠け)時の、主軸電流とその1階微分値及び2階微分値の信号変化の違いを示す図

【図9】外径部加工における工具摩耗時の、主軸電流とその1階微分値及び2階微分値の信号変化の違いを示す図

【符号の説明】

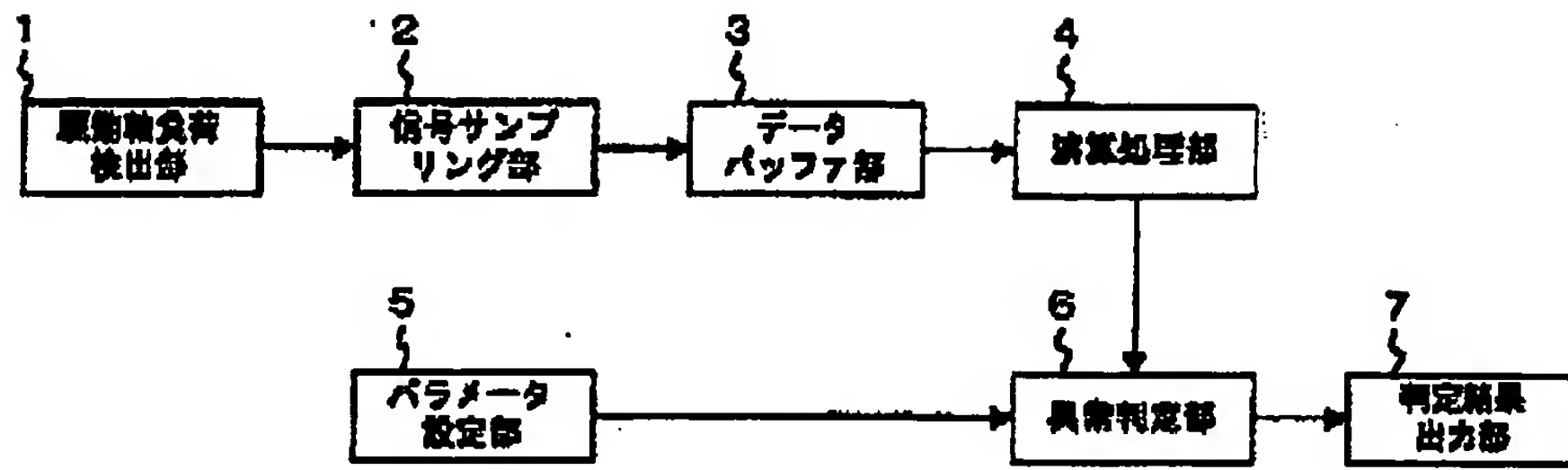
- | | |
|----|-----------|
| 1 | 駆動軸負荷検出部 |
| 2 | 信号サンプリング部 |
| 3 | データバッファ部 |
| 4 | 演算処理部 |
| 5 | パラメータ設定部 |
| 6 | 異常判定部 |
| 7 | 判定結果出力部 |
| 11 | 工作機械 |
| 12 | 工作機械制御装置 |
| 14 | 工具 |
| 16 | ロール |
| 21 | 主軸ユニット |
| 23 | 送りユニット |

30

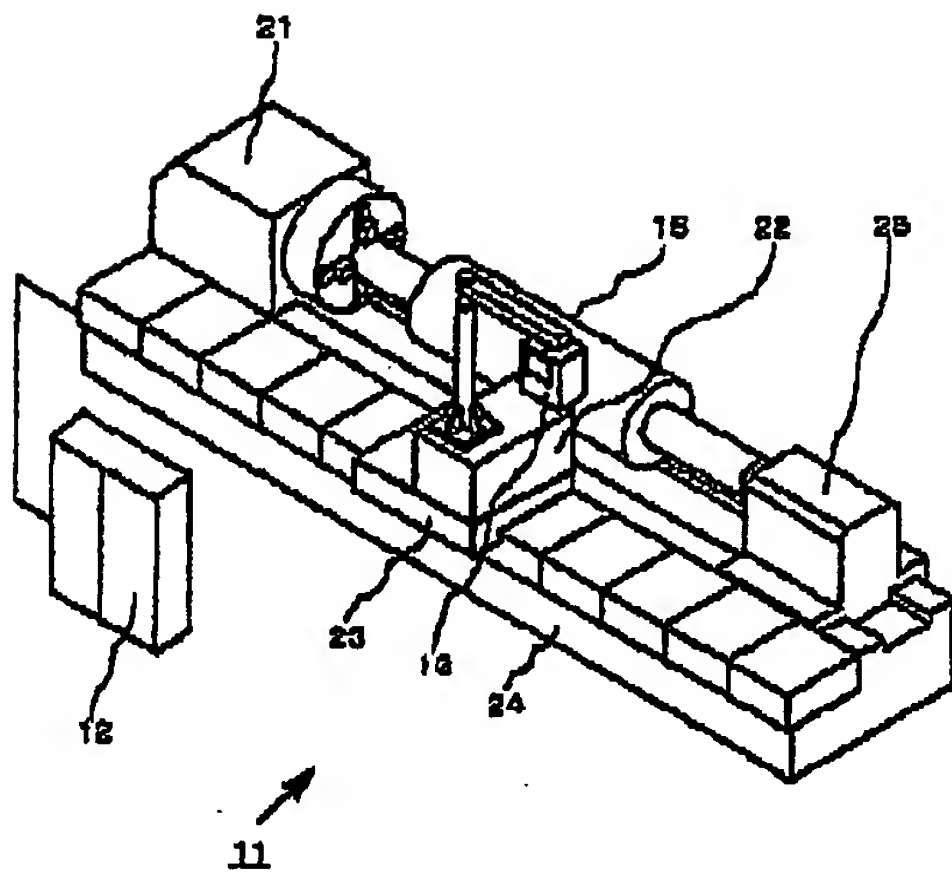
(8)

特開2000-107987

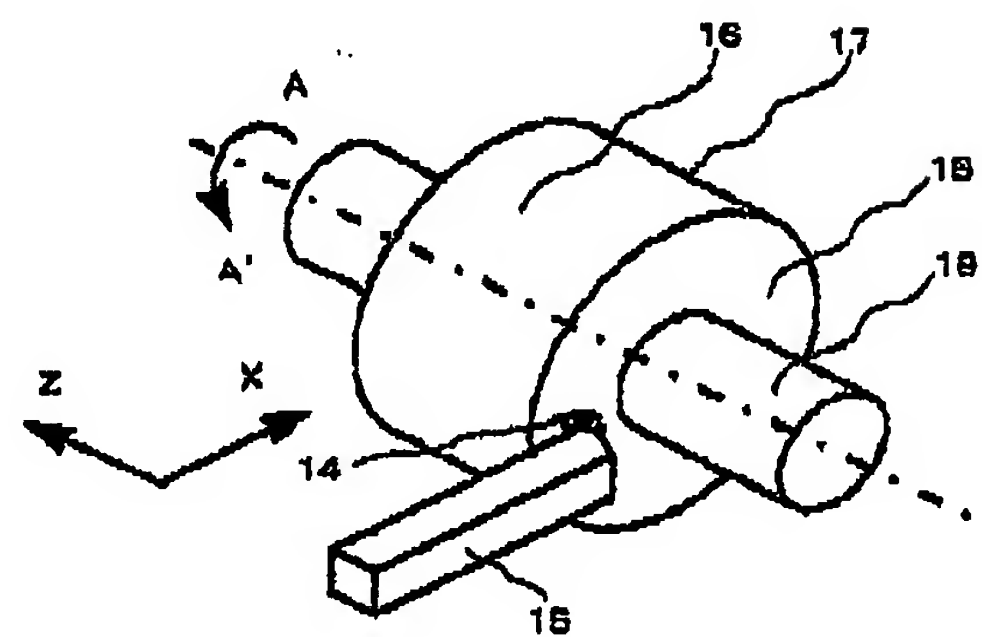
【図1】



【図2】



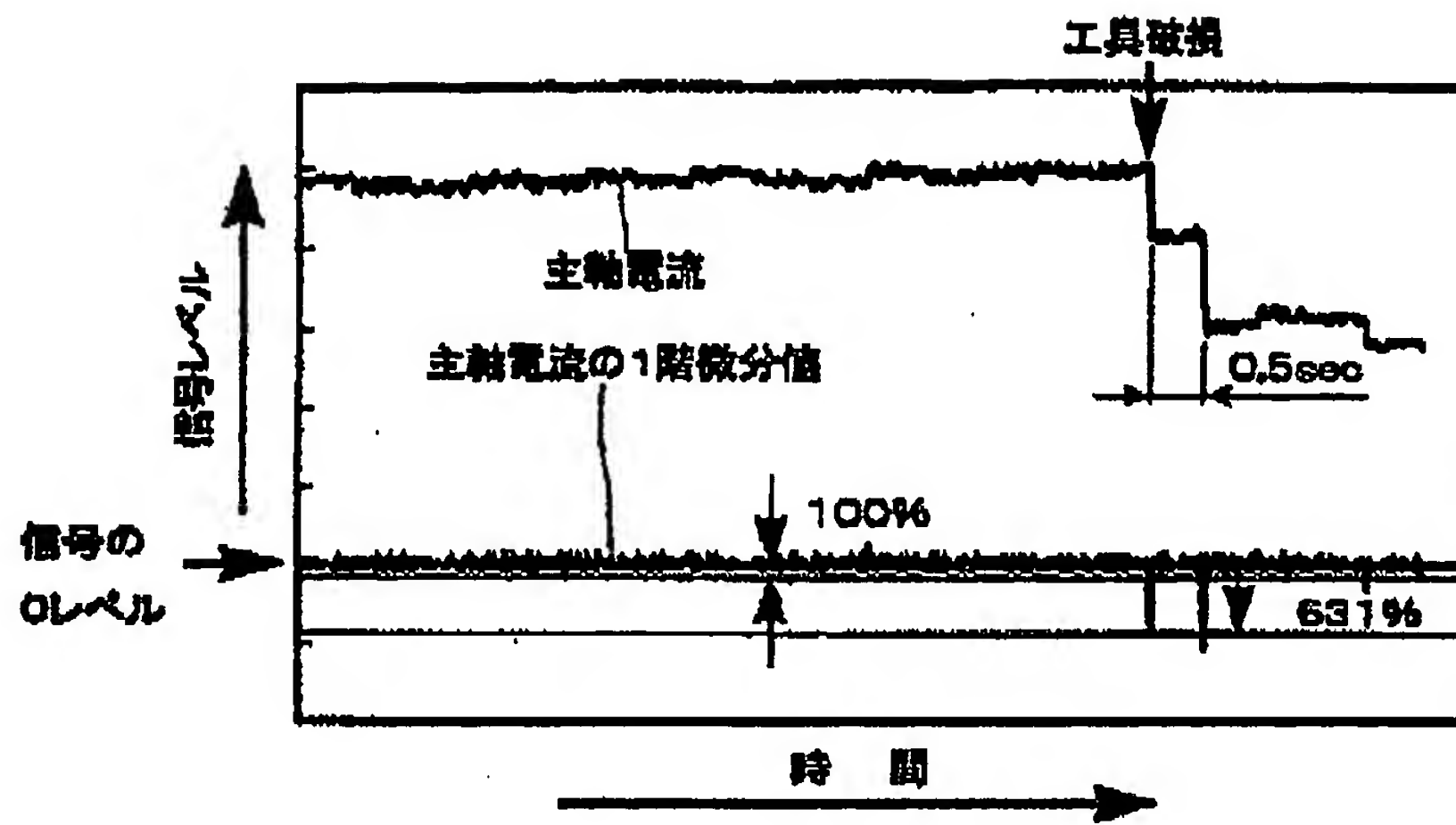
【図3】



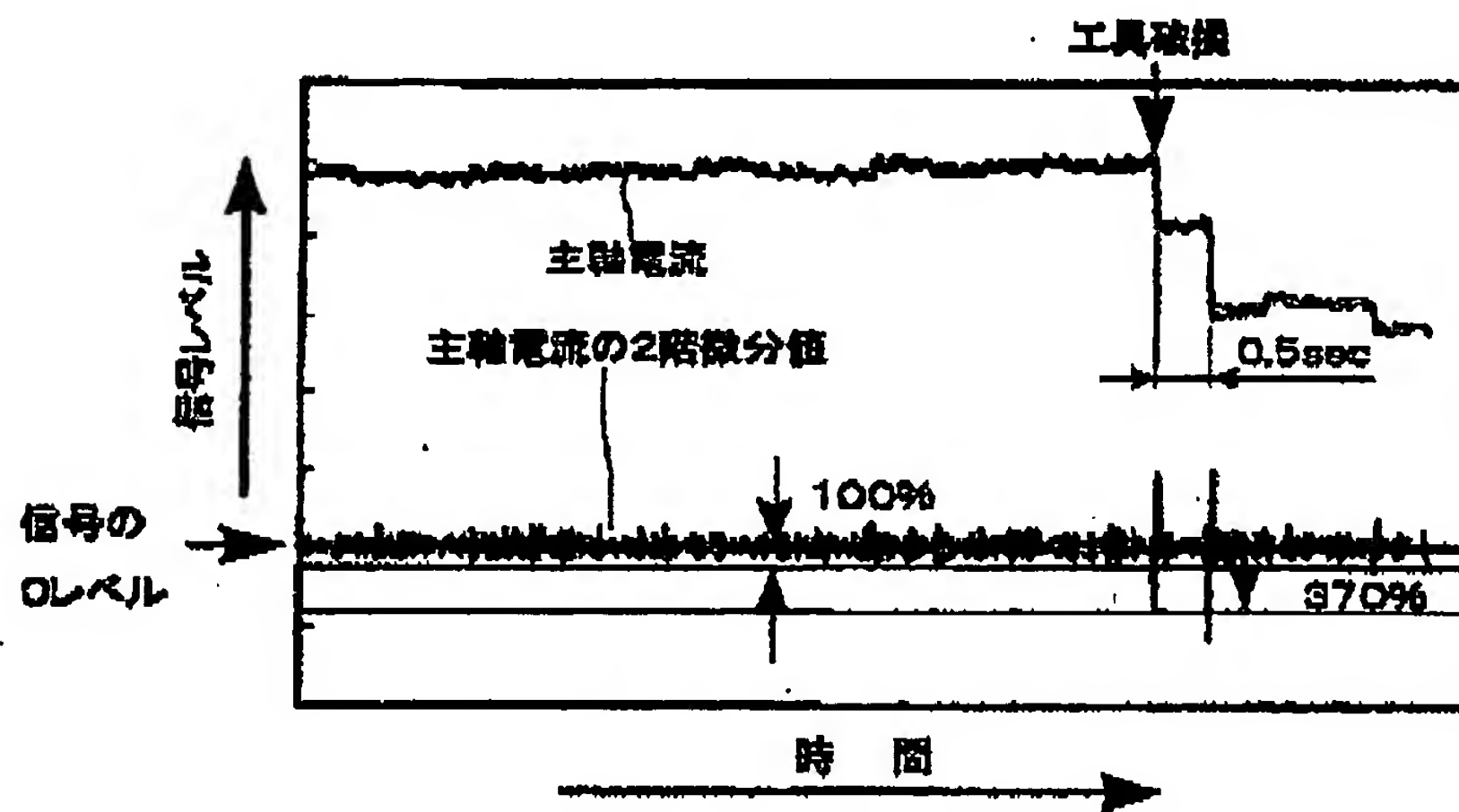
(9)

特開2000-107987

【図4】



(a)

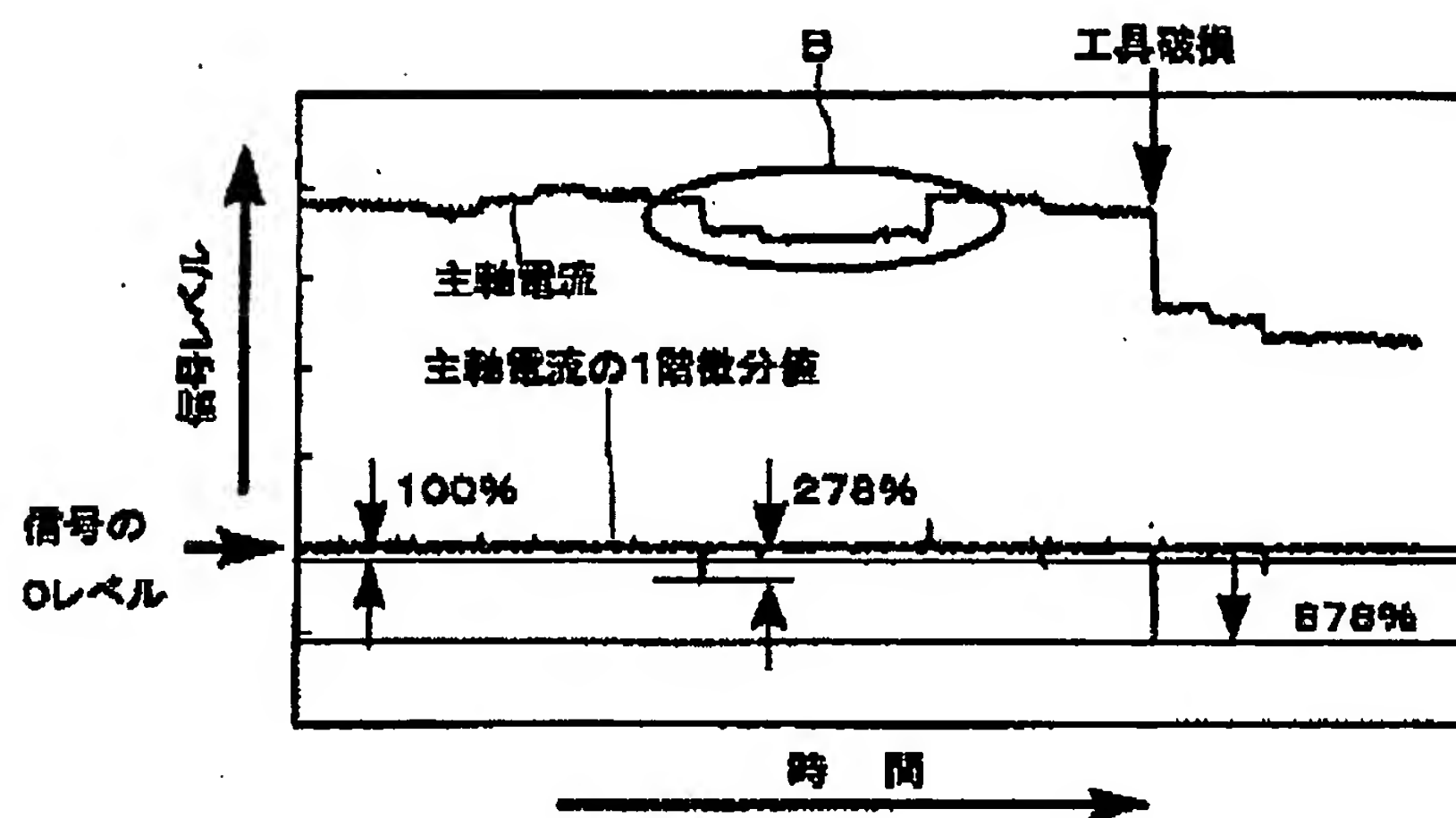


(b)

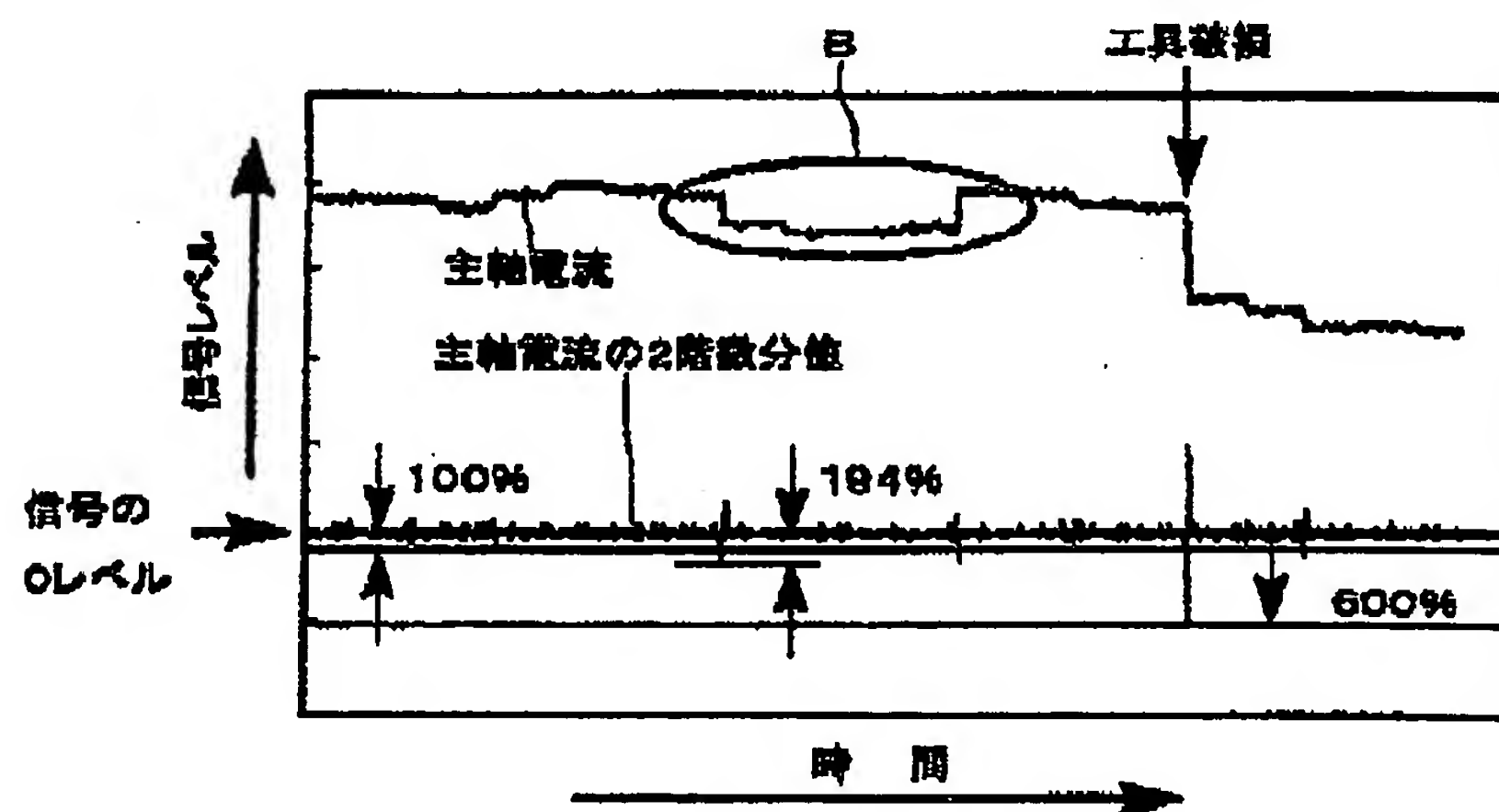
(10)

特開2000-107987

【図5】



(a)

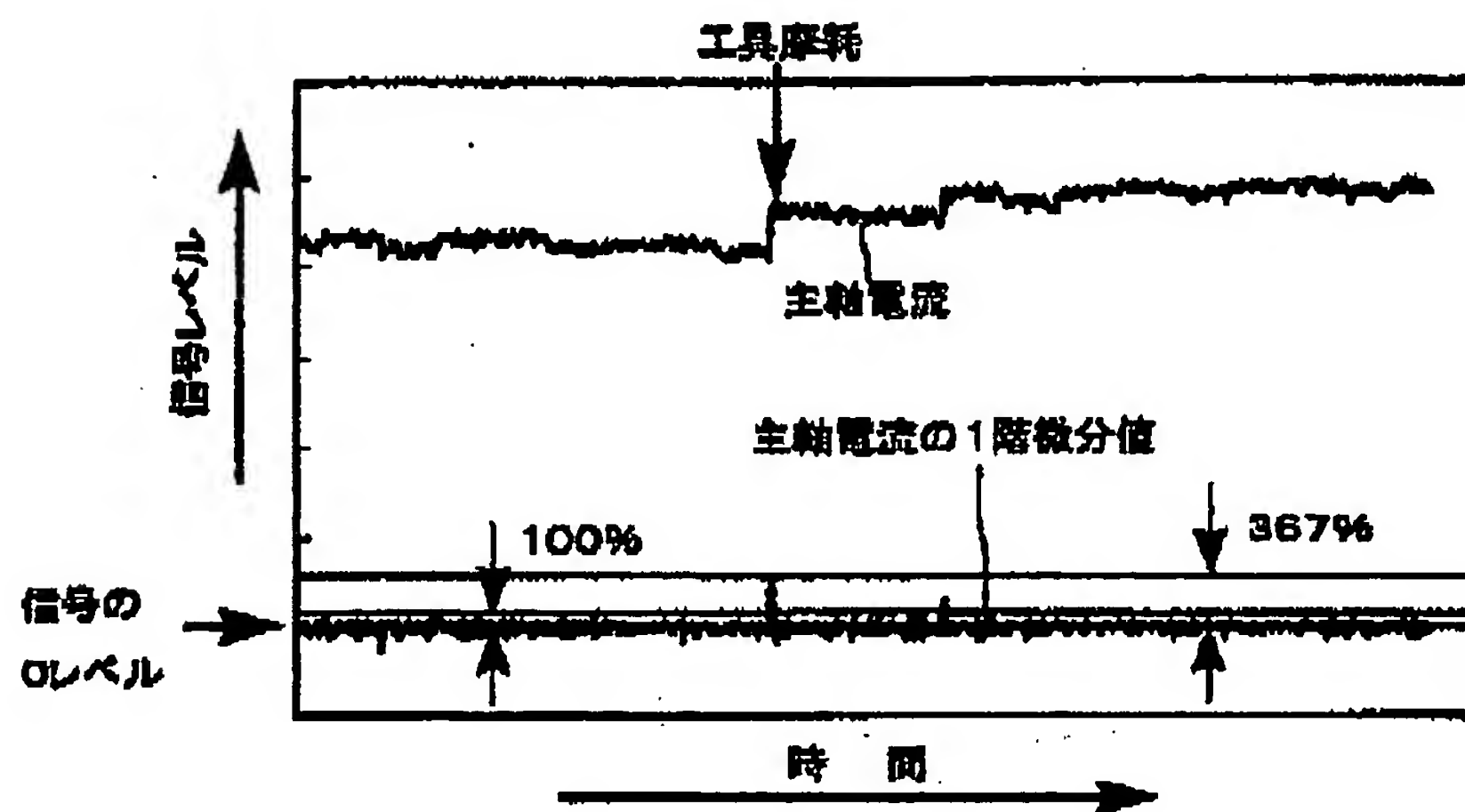


(b)

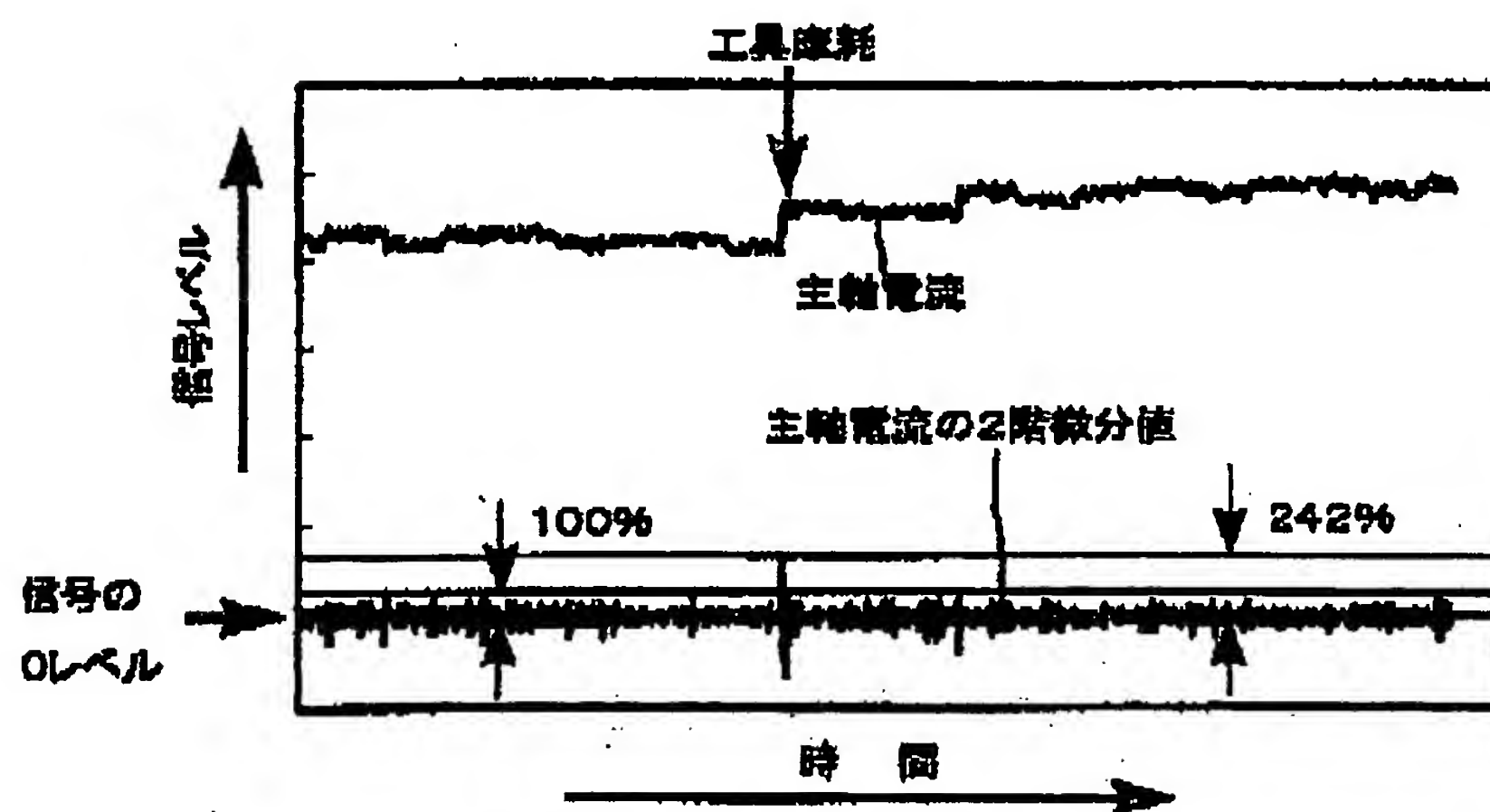
(11)

特開2000-107987

【図6】



(a)

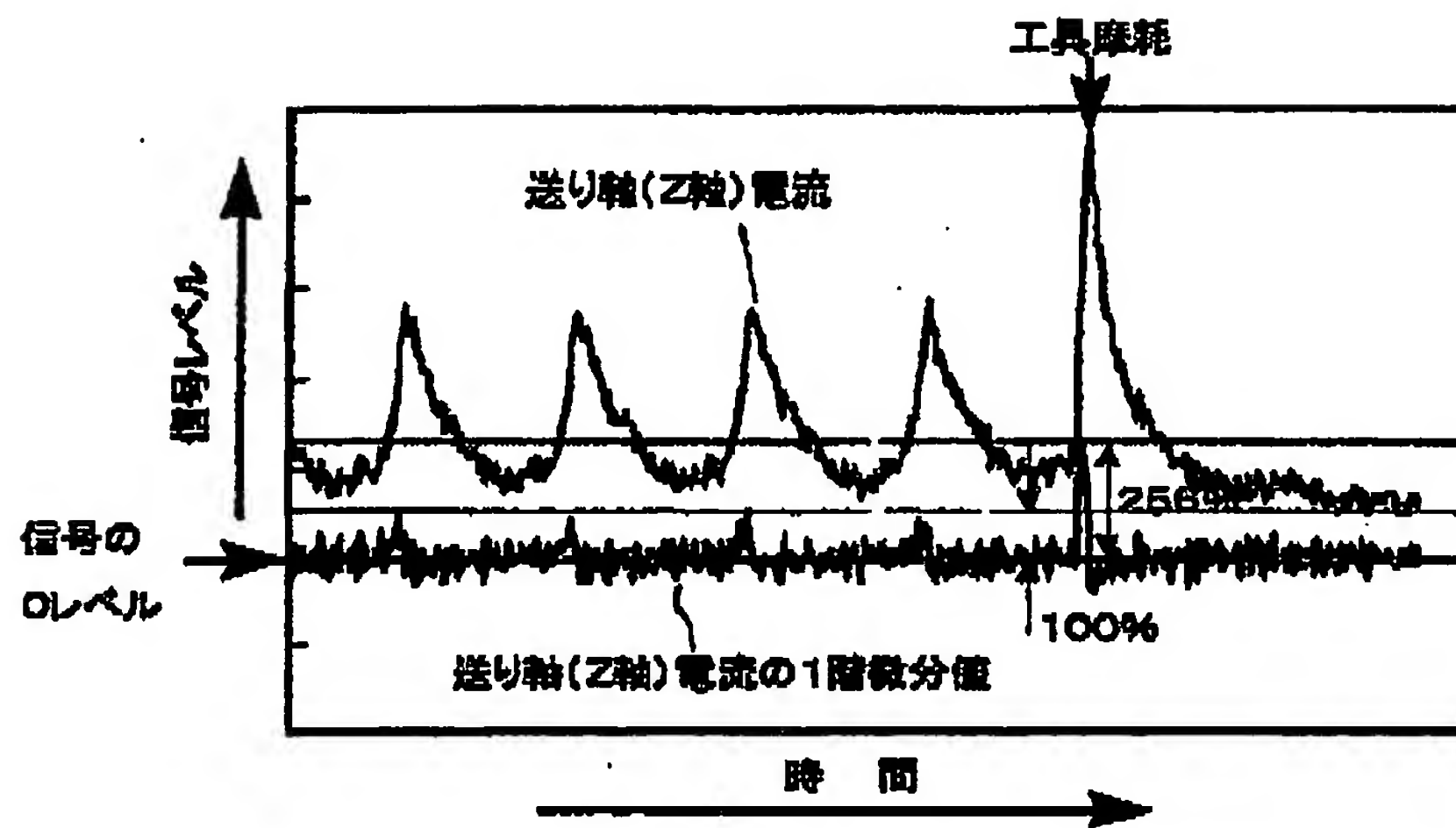


(b)

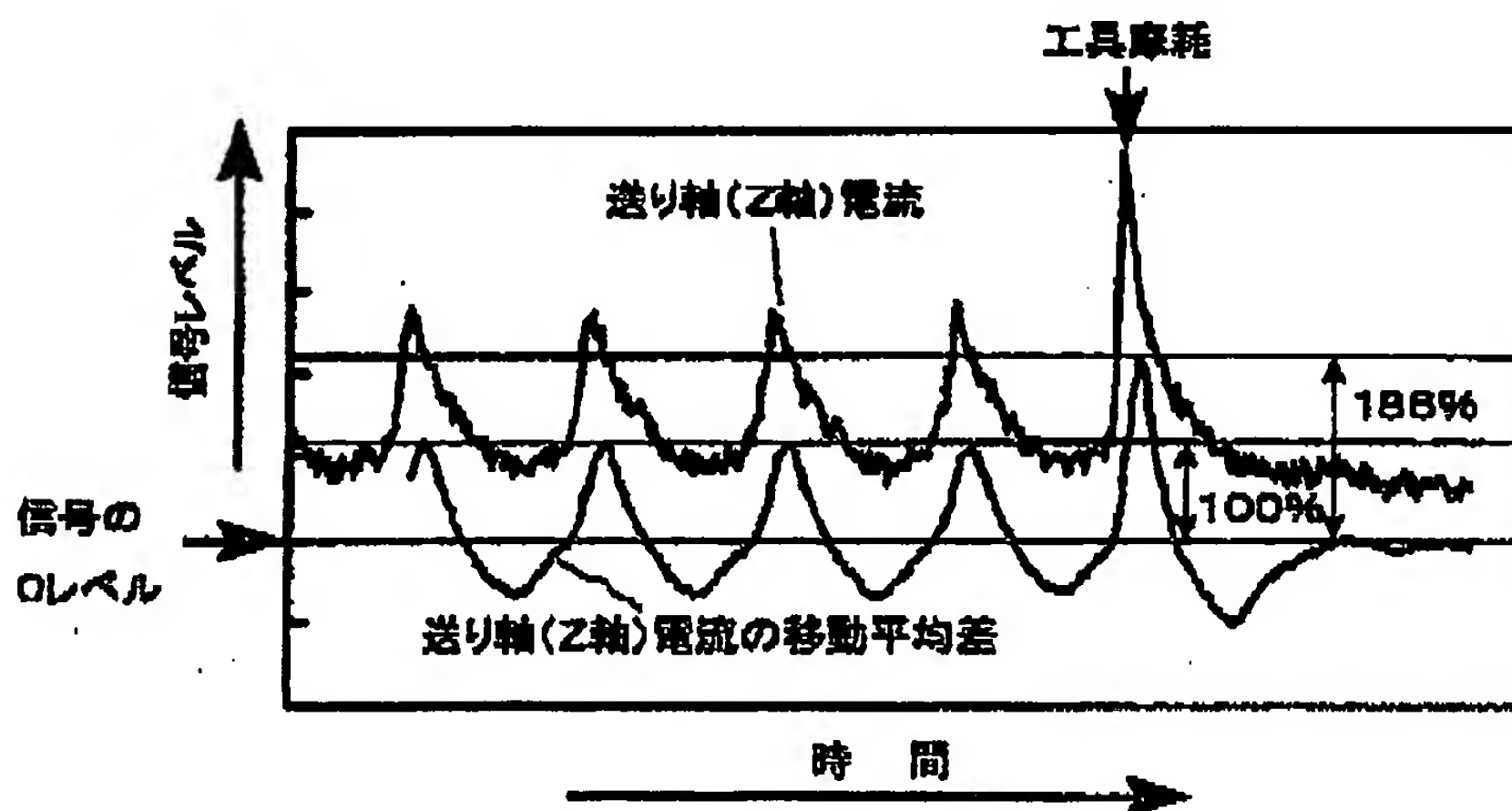
(12)

特開2000-107987

【図7】



(a)

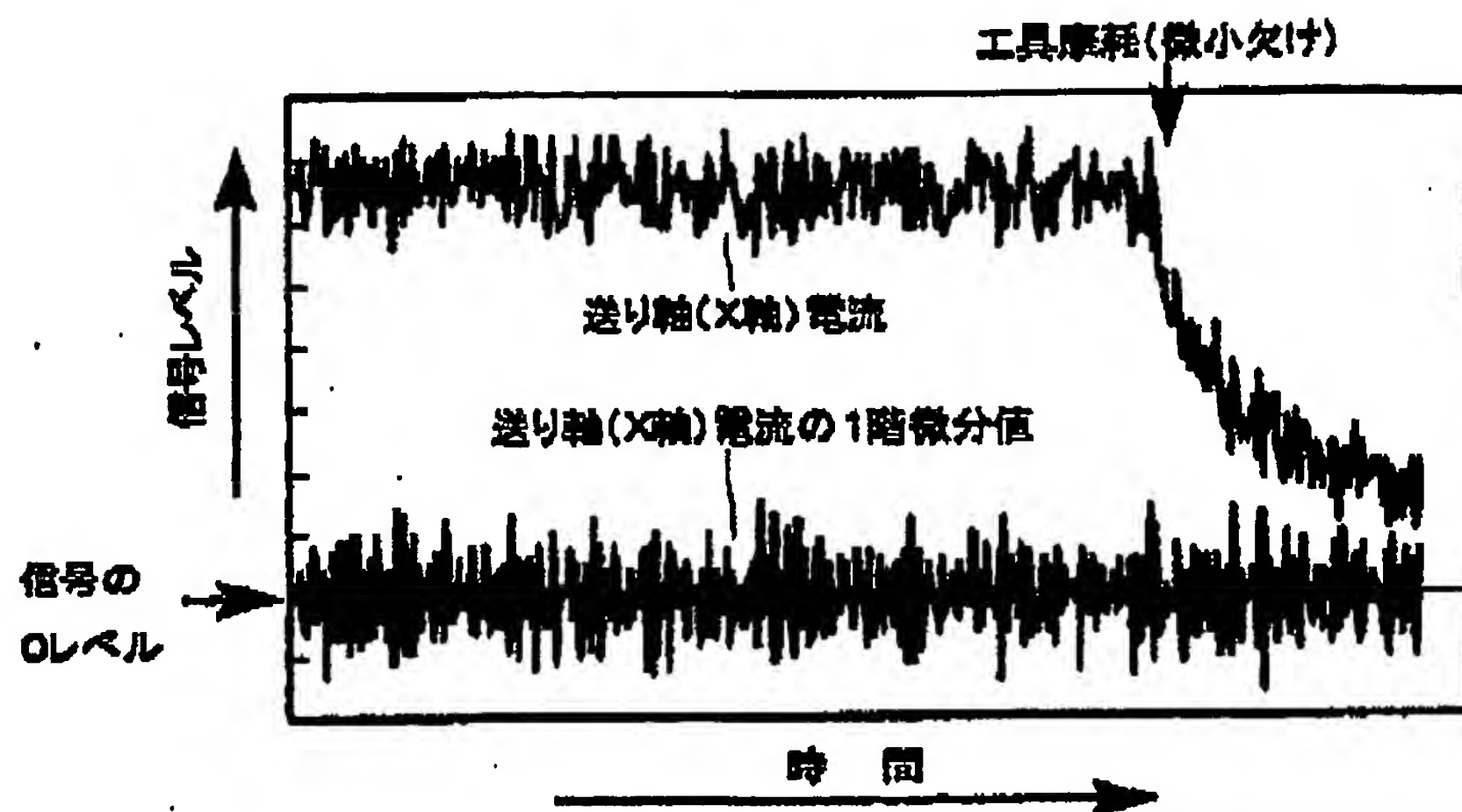


(b)

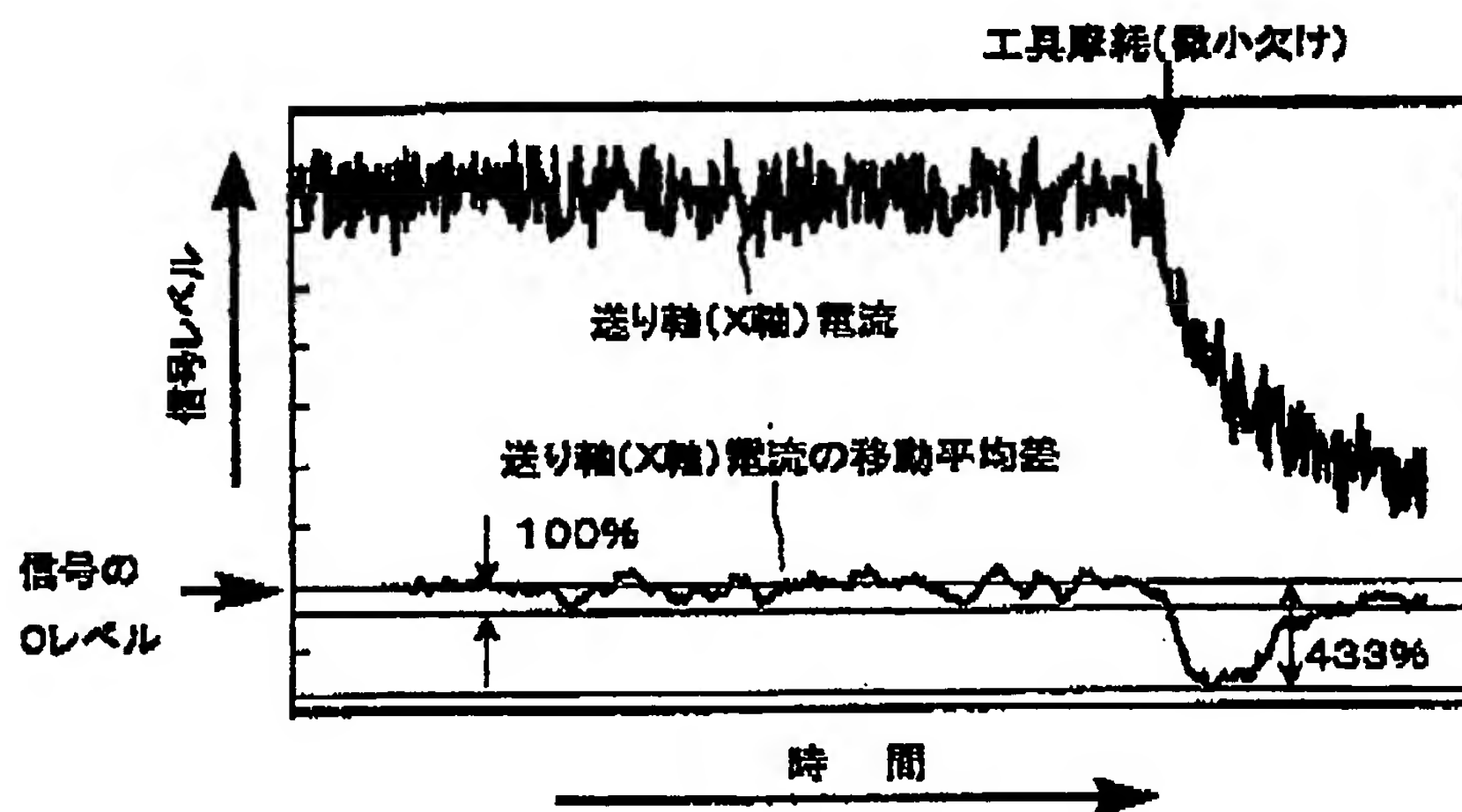
(13)

特開2000-107987

【図8】



(a)

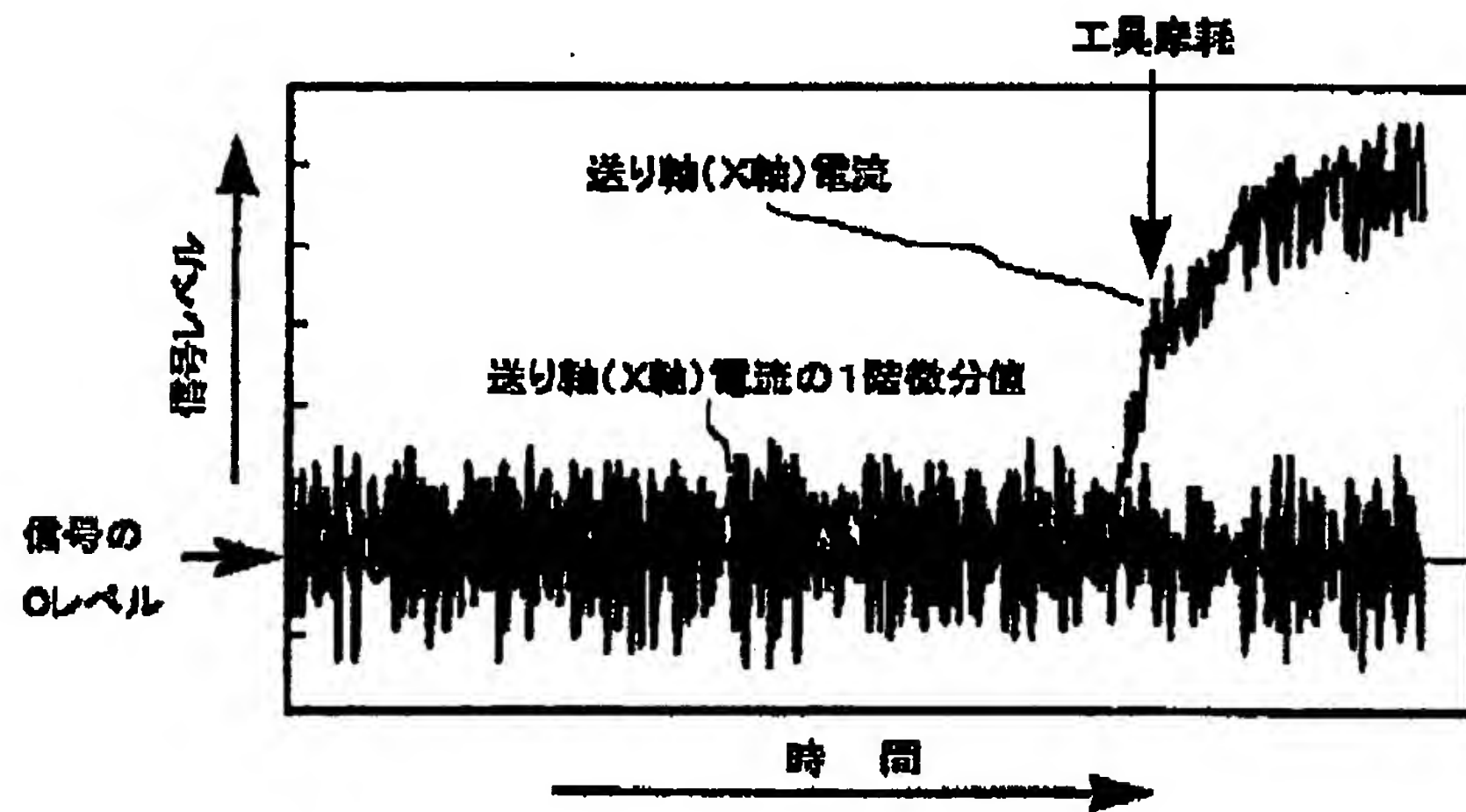


(b)

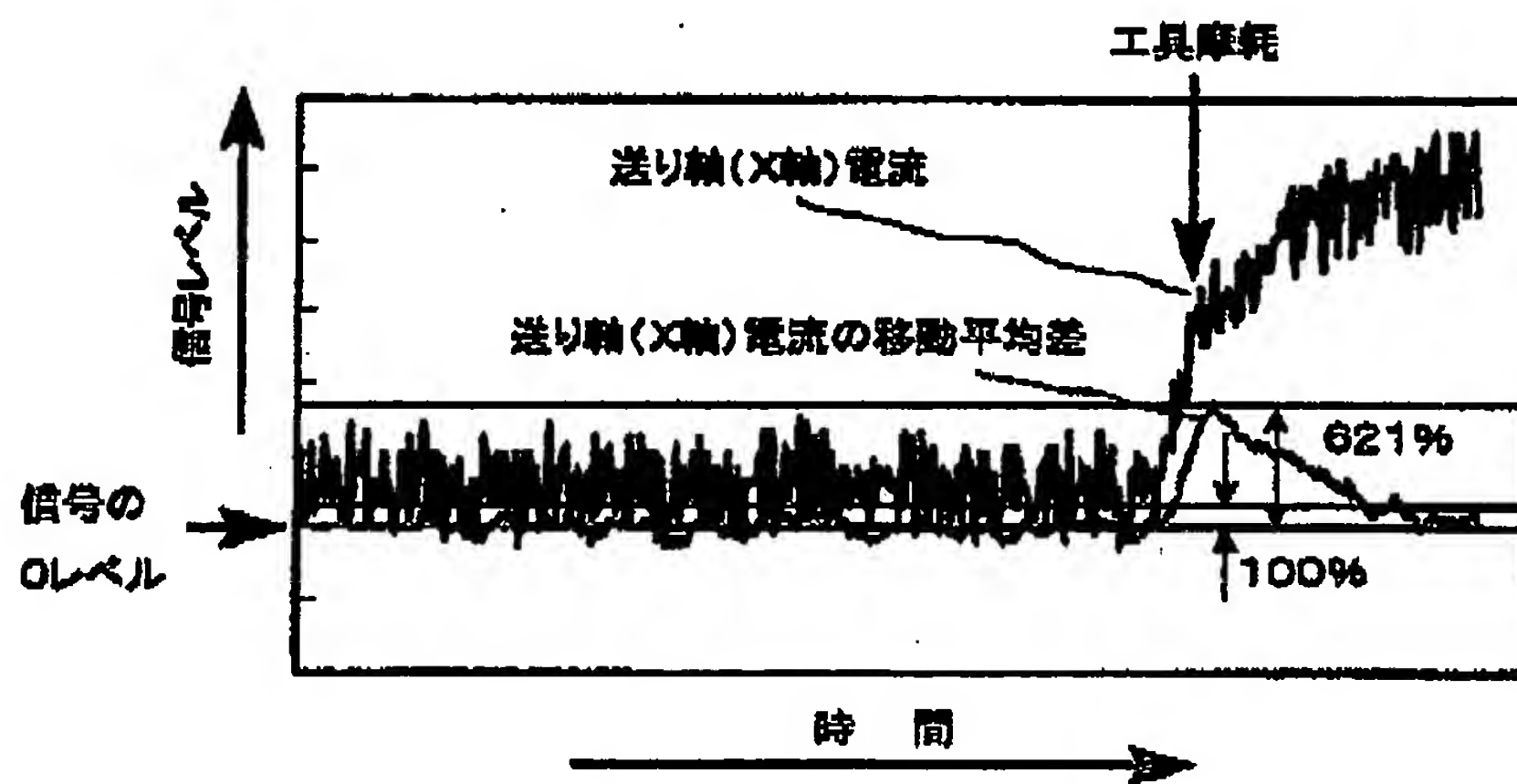
(14)

特開2000-107987

【図9】



(a)



(b)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-107987

(43)Date of publication of application : 18.04.2000

(51)Int.Cl.

B23Q 17/09

(21)Application number : 11-047315

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 25.02.1999

(72)Inventor : NISHIYAMA KAZUO

(30)Priority

Priority number : 10211210

Priority date : 27.07.1998

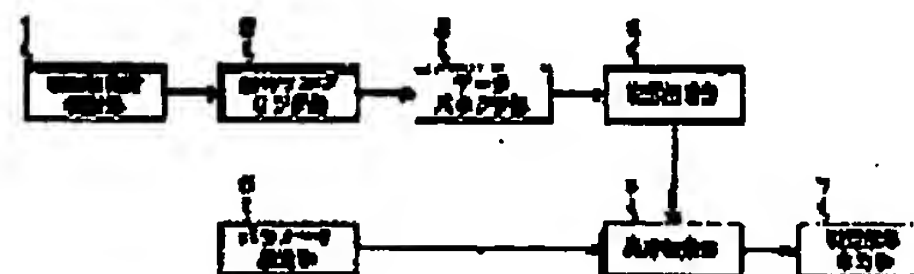
Priority country : JP

(54) TOOL ABNORMALITY DETECTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect the abnormal condition of a tool in the processing condition.

SOLUTION: A load signal (a loading current, for example) detected by a driving shaft load detector is sampled by a signal sampling part 2, and its load signal differential value as to the time is calculated by an operation processing part 4. An abnormality deciding part 6 decides the tool abnormality by comparing the result of the operation processing part 4, with the set value by a parameter setting part 5 (an abnormality deciding threshold value, for example), and the real time, and a deciding result output part 7 outputs the deciding result (an abnormality, for example) depending on the above deciding result.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]
[Date of extinction of right]